

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 75 (1977)

Heft: 1: Sonderheft zum Weiterbildungskurs "Herkömmliche und neue Methoden der Feldbewässerung : Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung"

Artikel: Die Verfahren der Oberflächenbewässerung, Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung

Autor: Horning, H.M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-228743>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Limites, avantages et inconvénients

On voit aussitôt l'une des limites de l'arrosage localisé: le coût devient prohibitif dès qu'il s'agit de cultures à faible enracinement, ou pire, devant être semées sur terrain sec, parce qu'elles exigent une forte densité de goutteurs et de rampes. Seules des raisons spéciales peuvent encore faire préférer l'arrosage localisé à l'aspersion:

- une grande sensibilité aux maladies, dès que le feuillage est mouillé,
- la nécessité de pouvoir circuler à tout moment en terrain sec,
- la nécessité d'un arrosage très régulier dans une région à vent persistant, ou à forte pente etc.

De plus, ces cultures sont généralement annuelles, si bien que les rampes doivent être retirées avant le travail du sol.

Une seconde limite tient à la délicatesse du réseau et de certains émetteurs; au soin à apporter lors du montage, des transformations, réparations; à la surveillance des filtres, des émetteurs; aux opérations de lavage chimique s'il y a des dépôts minéraux; bref, à une formation technique que beaucoup de pays n'ont pas encore acquise. L'irrigation localisée ne procure pas certains avantages qu'offre l'aspersion: protection contre le gel printanier, coloration des fruits par bassinages fréquents, adoucissement du micro-climat lors des fortes chaleurs, entraînement des engrais en profondeur si l'on arrose de suite après leur épandage.

En irrigation localisée fertilisante, on assure aussi, et même mieux, la pénétration des engrais jusqu'au niveau des racines; mais cette technique demande des dosages précis, le choix d'engrais entièrement solubles – et chers –, enfin un climat stable. Elle est indissociable de l'irrigation localisée en pays aride; elle ne se justifie pas en climat à irrigation de complément.

L'avantage le plus important de l'irrigation localisée tient à l'économie d'eau d'arrosage, à la suite de multiples raisons qu'il serait trop long d'énumérer aujourd'hui. Dans nos climats et en culture pérenne, l'économie peut atteindre les 60 % de ce qu'on utiliserait par aspersion. Dans les pays semiarides, l'arrosage localisé permet d'utiliser des eaux légèrement salines, parce que la ten-

sion osmotique de l'eau, dans le bulbe proche de la saturation, reste à un niveau supportable pour la plante. Par aspersion, cette tension osmotique monterait au fur et à mesure que le sol se dessèche. Dans ces pays, l'arrosage localisé offre une solution élégante pour la reprise des jeunes arbres, jusqu'à ce qu'ils aient développé des racines capables d'utiliser les réserves profondes du sol.

Dans tous les pays, il a souvent donné des rendements supérieurs en quantité, qualité, régularité ou précocité. Les causes sont à discuter.

Il libère de la sujétion de déplacer les tuyaux d'aspersion, tout le dispositif est en place de manière permanente, à moindre coût qu'un arrosage par aspersion en couverture totale. Il libère aussi des incompatibilités entre végétation ou sol mouillés, d'une part, traitements et autres travaux à faire au moment voulu, d'autre part. L'arrosage localisé est une solution obligée quand le débit disponible est limité. Par exemple, deux mètres cubes à l'heure permettent d'arroser 2500 m² à la fois, soit 1/2 hectare par jour; ce même débit suffit à peine à faire tourner 2 petits jets à buse de 4 mm et sous pression de 4 atmosphères.

En fin de compte, l'irrigation localisée n'est pas une panacée, mais seulement un progrès sensible dans un certain nombre de cas particuliers.

Bibliographie

- Anonyme, 1970. «Note sur la technique de l'irrigation au goutte à goutte». CERAFER, Centre international de Bordeaux. 23 p.
1973. «L'irrigation par goutte à goutte». Arboriculture fruitière, 229, 46–50.
1974. «L'irrigation localisée». INVUFLEC, Paris, 192 p.
1976. «Modalité d'apport d'eau aux cultures». CRA Avignon. 66 p.
- Bernstein, Bravdo, Safran, 1975. «L'irrigation de la vigne par goutte à goutte». Bulletin O. I. V. 48, 405–429.
- Decroix, 1974. «2e congrès international sur l'irrigation goutte à goutte». CTGREF. 43 p.
- Rotenberg, 1968. «Irrigation par goutte à goutte». Institut israélien de technologie, publication no 80, 767. 58 p.

Adresse de l'auteur:

J. Catzefflis, ing. agr., RAC, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, 1964 Conthey

Die Verfahren der Oberflächenbewässerung, Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung

H. M. Horning

1. Begriffe

Unter dem Begriff der Oberflächenbewässerung werden die Verfahren zusammengefasst, bei denen das Wasser

über die Oberfläche des Bodens geleitet werden muss (Fließbewegung) bis zu dem Punkt, an dem das Wasser in den Boden zur Wiederauffüllung der Bodenfeuchte eindringen soll (Infiltration). Im Gegensatz hierzu wird bei den neueren Verfahren das Wasser mittels Rohrleitungen und durch Versprühen oder Verträpfeln auf dem Felde verteilt (Verfahren der Beregnung usw.) oder von einer künstlich wassergesättigten Zone im Untergrund durch kapillaren Aufstieg der Wurzelzone zugeführt (Verfahren der Untergrundbewässerung).

In fast allen Hauptbewässerungsgebieten der Welt ist der Begriff Oberflächenbewässerung identisch mit dem Begriff Bewässerung schlechthin; dies ist in der jahrhundertalten Tradition der Bewässerung begründet, die



Abb. 1 Rieselbewässerung, Glätten der Bodenoberfläche, traditionelle Arbeitsweise. FAO Photo by T. Loftas

keine Alternativen zur Oberflächenbewässerung kannte. Die physikalischen Bedingungen der Fliessbewegung des Wassers über die Bodenoberfläche und der Infiltration des Wassers in den Boden sind die entscheidenden Bemessungsgrundlagen der Oberflächenbewässerung. Durch die natürlichen Gegebenheiten des Bodens, seine Struktur, Erodierbarkeit, Gleichförmigkeit und Neigung der Bodenoberfläche, Infiltrationsgeschwindigkeit und Durchlässigkeit sind der Anwendung der Oberflächenbewässerung enge Grenzen gesetzt. Eine Veränderung der gegebenen Eigenschaften des Bodens durch Umgestaltung der Bodenoberfläche und Massnahmen zur Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften erweitert zwar die Anwendungsmöglichkeit der Oberflächenbewässerung doch begrenzen die Kosten dieser Massnahmen die Anwendung dieser Verfahren. Im Gegensatz hierzu bieten die neueren Bewässerungsverfahren, insbesondere die Beregnung, viel weitgehendere Anwendungsmöglichkeiten, da sie in weit geringerem Masse von den Eigenschaften der Böden abhängig sind (Abb. 1).

Die Notwendigkeit, sich der Topographie, den Bodenverhältnissen und den Erfordernissen des landwirtschaftlichen Betriebes weitgehend anzupassen, hat im Laufe der Zeit zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren der Oberflächenbewässerung geführt. Sie entziehen sich wegen ihrer oft nur lokalen Bedeutung und wegen einer verwirrenden Vielfalt der Bezeichnungen einer systematischen Klassifizierung. Es wird daher ver-

sucht, die wichtigsten Oberflächenbewässerungsverfahren nach Art des Verhältnisses Fliessbewegung/Infiltration einzuordnen in

1. Staubbewässerung und
2. Rieselbewässerung,

wobei jede der beiden Gruppen je nach den Erfordernissen des Pflanzenanbaues eine ebene Oberfläche oder Furchen aufweisen kann. Eine Übersicht über die wichtigsten Untergruppen ist in Tabelle 1 gegeben.

2. Bedeutung

Insgesamt sind etwa 223 Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche mit Bewässerungseinrichtungen ausgerüstet, wovon etwa 5 % der Beregnung und anderen neuen Verfahren zugerechnet werden müssen, 95 % aber zu den Verfahren der Oberflächenbewässerung gehören. In den Entwicklungsländern in Süd- und Mittelamerika, Afrika, Nahem Osten und Asien (mit Ausnahme der Länder mit zentraler Planwirtschaft) sind 92 Millionen ha Bewässerungsflächen, die fast ausschliesslich den Oberflächenverfahren zugehören. Die Einführung der neueren Verfahren, wie Beregnung und Tropfenbewässerung, blieb bisher im wesentlichen auf Nordamerika und Europa beschränkt. Man kann dies damit erklären, dass ja die neueren Verfahren darauf ausgelegt sind, Arbeit zu sparen und Wasserverluste zu verringern, wobei für diese Verfahren ein höherer Kapitalaufwand

in Kauf genommen wird. Die Vorteile der Arbeits- und Wasserersparnis kommen natürlich in Industrieländern besonders zur Geltung, da dort die Arbeitskosten sowie die Bereitstellungs- und Betriebskosten für die Wasserversorgung der Bewässerungsanlagen hoch sind und die Landwirtschaft so intensiv ist, dass die Erträge die hohen Kapitalkosten decken können oder auch der gesamtwirtschaftliche Erfolg die Subventionierung der Bewässerungslandwirtschaft ermöglicht und vielleicht rechtfertigt.

In den Entwicklungsländern ist die Lage aber anders, fast das Gegenteil von der in Industrieländern: Kapital ist für langfristige Investitionen in der Landwirtschaft knapp und dies besonders dann, wenn es in der Form von Devisen für Importe von Maschinen und Gerät erforderlich ist. In den meisten Fällen ist weder die Landwirtschaft genügend ertragskräftig, hohe Kapitalaufwendungen zu tragen, noch kann sich die Gesamtwirtschaft eine massive Subventionierung der Landwirtschaft leisten. Demgegenüber sind die Lohnkosten geringer als in industrialisierten Ländern, häufig müssen Unterbeschäftigungen oder Arbeitslosigkeit bekämpft werden. Entwicklungsländer werden daher solchen Bewässerungsverfahren den Vorzug geben müssen, die mit den geringsten Kapitalkosten erstellt werden können, geringeren Bedarf an Devisen für Investitionen und Betrieb haben und zur Lösung der Arbeitsprobleme im Lande beitragen können. In der Regel entsprechen die traditionellen Bewässerungsverfahren, also die Oberflächenbewässerung, diesen Bedingungen besser als die neueren Verfahren. Es ist daher damit zu rechnen, dass die Oberflächenbewässerung in den Entwicklungsländern ihre jetzige Bedeutung beibehält.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Oberflächenbewässerung den sich wandelnden und neuen Erfordernissen der landwirtschaftlichen Produktion und den wasserwirtschaftlichen Notwendigkeiten der betroffenen Länder technisch genügen kann. Das ist jedoch nur bedingt der Fall, da bei diesen Verfahren in der Regel höhere Versickerungsverluste auftreten, die Bewässerungswassermengen schwer zu regulieren sind und die in vielen Fällen durch das angewandte Verfahren begrenzten Feldlängen die Einführung verbesserter Bewirtschaftungsmethoden verhindern.

Dies trifft in besonders grossem Umfang auf die alten Bewässerungsanlagen in denjenigen Entwicklungsländern zu, die eine lange Tradition in der Bewässerung haben, wie z. B. Indien, Pakistan, Afghanistan und die Länder des Nahen Ostens. Es ist kürzlich geschätzt worden, dass von den rund 90 Millionen ha Bewässerungsflächen in Entwicklungsländern etwa 45 Millionen ha dringend der Erneuerung, Verbesserung und Modernisierung bedürfen.

Dieser grosse Bedarf ist durch die Einführung neuer landwirtschaftlicher Produktionsmethoden verursacht, insbesondere durch die sogenannten Hohertragssorten, die, z. B. beim Reis wegen der Kurzhalmigkeit, der festgelegten Vegetationszeit, hohem Düngerbedarf usw., eine viel genauere Kontrolle des Wassers im Hinblick auf Dosierung der Wassermenge, Lage des Wasserspiegels, gesicherter Wasserversorgung und Drainage, erfordern, als das bei den traditionellen Reissorten der Fall ist. Es

darf nicht übersehen werden, dass diese Hohertragssorten (Reis, Mais, Weizen usw.) für eine optimale Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen gezüchtet worden sind und ihre Einführung in Gebieten, in denen landwirtschaftliche Intensivkulturen von der Bewässerung abhängen, mit der Modernisierung und Ausdehnung der Bewässerung einhergehen muss.

Sollen die Verfahren der Oberflächenbewässerung mit der vorhersehbaren Modernisierung der landwirtschaftlichen Produktion in Entwicklungsländern Schritt halten, so müssen alle Möglichkeiten ausgenutzt werden, den wasserwirtschaftlichen Wirkungsgrad dieser Verfahren zu erhöhen, die Anlagekosten so gering wie möglich zu halten und die technischen und betrieblichen Erfordernisse der Bewässerung und des landwirtschaftlichen Betriebes in Einklang zu bringen. Technische Massnahmen hierfür werden im folgenden besprochen, soweit sie für die Bewässerung in Entwicklungsländern von besonderer Bedeutung sind. Organisatorische und administrative Massnahmen der Verbesserung der Effizienz der Bewässerung müssen einer anderen Arbeit vorbehalten werden.

3. Dimensionierung der einzelnen Bewässerungsfelder

Bei der Planung einer Bewässerungsanlage sollte das einzelne Feld des Bauern in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden, denn es ist ja die Stelle, an der die Produktion erfolgt und an der die Bewässerung mit den anderen Mitteln und Erfordernissen der Produktion harmonisieren muss. Die Planung der gesamten Anlage sollte daher von dem Einzelfeld ausgehen und nicht dort enden, wie es vielfach noch üblich ist.

Entscheidend ist zunächst die Bestimmung der Grenzen der möglichen Feldgrösse, die bei bekannten Bodendaten und für einen berechneten Wasserbedarf bereits eine Vorentscheidung für die zu wählenden Bewässerungsverfahren und landwirtschaftlichen Praktiken ermöglicht. Die folgende Erläuterung soll einen Überblick über diese Grenzen geben:

a) Staubewässerung.

Es handelt sich hier um Felder mit annähernd horizontaler Oberfläche, die mit einem niedrigen Wall umgeben sind, also als Becken bezeichnet werden können. Bei diesem Verfahren versucht man, das Becken möglichst schnell mit dem zur Bewässerung erforderlichen Wasser zu füllen und dieses möglichst langsam in den Boden einsickern zu lassen, wodurch eine gleichmässige Verteilung des Wassers über das ganze Feld erreicht werden soll. Die Füllzeit des Beckens hängt von der Beckengrösse und von der erreichbaren Fliessgeschwindigkeit ab, letztere von der Erodierbarkeit des Bodens und der Rauigkeit und Gleichförmigkeit der Bodenfläche. Standardgrössen für die Becken sind in Tabelle 1 angegeben. Feldgrösse und Zuflusswassermenge sind die Variablen. Die Infiltrationsgeschwindigkeit lässt sich gegebenenfalls durch verschiedene Massnahmen etwas verringern: durch Verdichten der Bodenoberfläche, durch «puddling» – eine im asiatischen Reisanbau weit verbreitete Methode, bei der durch Aufwühlen der obersten wassergesättigten Schicht des Bodens nach dessen Wiederabsetzen ein Film von feinsten Bodenpartikeln die Poren verschliesst. Bentonite und Ton können

ebenfalls zur Verringerung der Infiltrationsrate der obersten Bodenschicht zugefügt werden (Abb. 2). Je nach Bodenart variieren die möglichen Feldgrößen sehr stark. Kleine Becken behindern die Feldarbeit zu sehr; sie werden deshalb fast nur noch im Obstbau angewendet. Normale Beckengrößen liegen zwischen 0,3 und 0,6 ha, und in dieser Form ist die Staubewässerung das am weitesten verbreitete Oberflächenbewässerungsverfahren.

b) Rieselbewässerung

Im Gegensatz zur Staubewässerung haben die Felder bei der Rieselbewässerung eine vorgegebene Neigung in der Fliessrichtung, und die Fliessgeschwindigkeit wird durch den Gradienten der Flächeneignung bestimmt. Die Infiltration des Wassers in den Boden findet während des Fliessvorganges statt, weshalb Fliessgeschwindigkeit und Infiltrationsgeschwindigkeit genau aufeinander abgestimmt sein müssen. Die Infiltrationsrate lässt sich bei diesem Verfahren nicht beeinflussen. Es können lediglich die Feldlänge und in sehr engen Grenzen der Gradient variiert werden. Demnach muss die Zuflussgeschwindigkeit genau und innerhalb enger Grenzen gewählt werden. Die Tabellen 3 und 4 geben die Standardwerte für die Bemessung der Feldlängen und der Zuflusswassermengen, Tabelle 2 für die Berieselung ebener Flächen und Tabelle 3 für die Furchenrieselung.

Eine gleichmässige Wasserverteilung über die ganze Feldlänge lässt sich bei den Rieselverfahren nicht erreichen, da im oberen Teil des Feldes oder der Furche immer mehr Wasser versickert als im unteren Bereich. Durch richtige Dimensionierung des Wasserzuflusses kann man die Versickerungsverluste jedoch verringern, insbesondere durch Reduzierung des Zuflusses nach dem Annässen des Bodens, wodurch die Zeit für eine gleichmässige Infiltration verlängert wird.

Beide Rieselverfahren stellen hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Vorbereitung der Bodenoberfläche der einzelnen Felder, insbesondere der Einhaltung eines gleichmässigen Gradienten des Gefälles (Abb. 3). Bei der Flächenrieselung muss zudem ein Quergefälle vermieden werden, senkrecht zur Fliessrichtung muss das Feld über seine ganze Breite genau waagrecht sein, um eine gleichmässige Wasserverteilung über die ganze

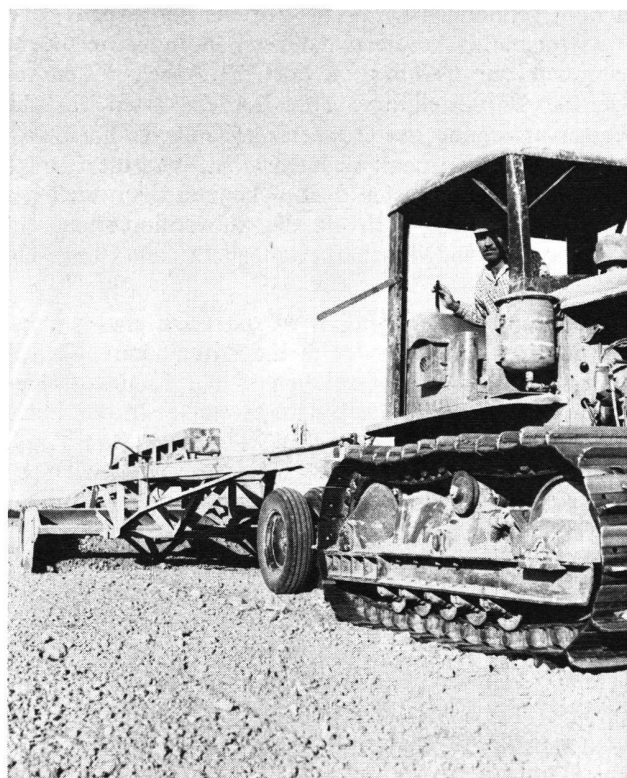


Abb. 2 Rieselverfahren, Planieren der Bodenoberfläche, Maschinenarbeit. FAO Photo by A. Deferer

Feldbreite zu erreichen. Unregelmässige Geländeformen erschweren die kostengünstige Anlage von Stau- und Riesel Feldern: grosse Erdbewegungen erhöhen die Anlagekosten, zu kleine Felder erhöhen die Betriebskosten; zu hohe Infiltrationsraten ergeben zu kleine Felder, zu niedrige Infiltrationsraten ergeben zu grosse Felder mit entsprechenden hohen Kosten für das Nivellieren der Oberfläche. Diese Beschränkungen haben zu einer Vielzahl von spezialisierten Oberflächenbewässerungsverfahren geführt, wie zum Beispiel

– die Anlage von Staubecken, die in ihrer Längsrichtung der Höhenlinie folgt und so eine grosse Feld-

Tabelle 1 Standardwerte für die Beckengrösse bei der Staubewässerung

Zufluss		Bodenart			
		Sand	Sandiger Lehm	Lehmiger Ton	Ton
l/s	m ³ /h	Hektar			
30	108	0,02	0,06	0,12	0,2
60	216	0,04	0,12	0,24	0,4
90	324	0,06	0,18	0,36	0,6
120	432	0,08	0,24	0,48	0,8
150	540	0,10	0,30	0,60	1,0
180	648	0,12	0,36	0,72	1,2
210	756	0,14	0,42	0,84	1,4
240	864	0,16	0,48	0,96	1,6
270	972	0,18	0,54	1,08	1,8
300	1080	0,20	0,60	1,20	2,0

Nach: Booher, Surface Irrigation, FAO, Rome, 1974



Abb. 3 Furchenrieselung, Zulaufkontrolle durch Heber.
FAO Photo

länge bei geringer Feldbreite und geringer Erdbewegung für den Bau ermöglicht,

- die Anlage von Rieselfurchen, die den Höhenlinien folgen, wodurch Erdbewegungen für den Bau der Anlage weitgehend vermieden werden können oder

- die Anlage von Rieselfurchen in Zickzackform für geringe Fließgeschwindigkeiten in den Furchen, wenn die Infiltrationsgeschwindigkeit zu klein ist.

Eine Übersicht über die wichtigsten dieser Verfahren und die Eignung und Bedingungen für ihre Anwendung ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

4. Anlage und Vorbereitung der Felder

Bei der Neuanlage von Oberflächenbewässerungssystemen wird man mit Rücksicht auf die Erfordernisse des landwirtschaftlichen Betriebes immer versuchen, die grösstmöglichen Abmessungen der einzelnen Felder zu erzielen. Bei ungünstigen Geländeformen kann dies erhebliche Erdbewegungen erforderlich machen. In den Ländern mit einer langen Entwicklungsgeschichte der Bewässerung sind die für den Bau von Staubecken oder Rieselflächen günstigen Areale meist schon genutzt, und es bleibt oft keine andere Wahl, als die höheren Kosten für den Bau der Bewässerung in ungünstigem Gelände in Kauf zu nehmen.

Die Nivellierungsarbeiten für den Bau der traditionellen Staubecken wurden in der Regel von den Bauern selbst ausgeführt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies bis zu einer Feldgrösse von 0,2 oder 0,3 ha durchaus möglich ist. Für die im Hinblick auf die Modernisierung der landwirtschaftlichen Produktion angestrebten grösseren Felder reichen jedoch die technischen Mittel der Bauern nicht aus, die erforderliche Feinnivellierung der Bodenoberfläche in den Becken oder die genaue Kontrolle des Gefälles auf Rieselfeldern zu erreichen. Maschineneinsatz unter Beizug von Unternehmern wird notwendig. Ähnlich verhält es sich mit den Unterhaltsarbeiten.

Grössere Erdbewegungen und die erforderliche Genauigkeit der Nivellierungsarbeit machen in zunehmendem Masse den Einsatz von Maschinen bei Neuanlage von Bewässerungsflächen somit auch in Entwick-

Tabelle 2 Standardwerte für die Bemessung der Rieselbewässerung

Bodenart	Infiltrationsrate	Gefälle	Zuflussrate per Meter Breite	Bewässerungsgabe	Feldgrösse	
					Breite	Länge
	cm/Std.	Prozent	l/s	mm	Meter	Meter
Sand	2,5	0,2–0,4	10–15	100	12–30	60–90
		0,4–0,6	8–10	100	9–12	60–90
		0,6–1,0	5–8	100	6–9	75
Lehmiger Sand	1,8–2,5	0,2–0,4	7–10	125	12–30	75–150
		0,4–0,6	5–8	125	9–12	75–150
		0,6–1,0	3–6	125	6–9	75
Sandiger Lehm	1,2–1,8	0,2–0,4	5–7	150	12–30	90–250
		0,4–0,6	4–6	160	6–12	90–180
		0,6–1,0	2–4	160	6	90
Lehmiger Ton	0,6–0,8	0,2–0,4	3–4	175	12–30	180–300
		0,4–0,6	2–3	175	6–12	90–180
		0,6–1,0	1–2	175	6	90
Ton	0,25–0,6	0,2–0,3	2–4	200	12–30	350+

Nach: Booher, Surface Irrigation, FAO, Rome, 1974

Tabelle 3 Standardwerte für die maximale Länge von Rieselfurchen

Gefälle der Rieselfurche	Durchschnittliche Bewässerungsgabe in cm											
	7,5	15	22,5	30	5	10	15	20	5	7,5	10	12,5
	Tone				Lehme				Sande			
Prozent	Meter											
0,05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190
0,1	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220
0,2	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300
0,3	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400
0,5	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300
1,0	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250
1,5	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220
2,0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190

Nach: Booher, Surface Irrigation, FAO, Rome, 1974

lungsländern erforderlich. Dies widerspricht der eingangs erwähnten Priorität, die der Arbeitsbeschaffung zukommen soll; der Maschineneinsatz ist aber akzeptierbar, wenn er bei grossen Baulosen kostengünstiger und zugleich der traditionellen Technik der Landvorbereitung überlegen ist.

5. Regulierung des Wasserzuflusses

Während bei der Staubewässerung ein einfacher Schutz in der Regel zur Kontrolle des Feldzuflusses ausreicht, muss bei der Rieselbewässerung der Zufluss je Meter

Feldbreite oder je Rieselfurche genau dosiert und kontrollierbar sein. In traditionellen Systemen wurden einfache, verschliessbare Öffnungen im Zuleitungsgraben vorgesehen, oder es wurden einfach Schlitz in die Grabenböschung gegraben und je nach Bedarf wieder verfüllt.

Eine wesentlich bessere Kontrolle der Zulaufwassermenge kann durch Heber (Syphone) erreicht werden, wobei jeweils ein oder zwei Syphone für eine Rieselfurche das Wasser aus dem Zuleitungsgraben heben (Abb. 4). Eine andere Möglichkeit besteht in einer

Tabelle 4 Oberflächenbewässerungsmethoden und die Bedingungen für ihre Anwendung

Methode	Eignung und Bedingungen der Anwendung				Bemerkungen	
	Fruchtart	Topographie	Wasserzufluss	Boden		
Staubewässerungsverfahren	Kleine, rechteckige Becken	Getreide, Reis, Feldfrüchte, Obstbau	Relativ flaches Land; Beckenoberfläche horizontal	Kann der Feldgrösse angepasst werden	Geeignet für hohe und geringe Infiltrationsraten, nicht für Böden, die verschlammen	Hohe Anlagekosten, hoher Arbeitsaufwand für die Bewässerung, guter Wirkungsgrad
	Grosse, rechteckige Becken	Getreide, Reis, Feldfrüchte	Flachland, Becken müssen planiert werden	Grosser Wasserzufluss erforderlich	Niedrige Infiltrationsrate	Geringere Anlagekosten und weniger Arbeit
	Becken in Form der Höhenlinien	Obstbau, Getreide, Reis, Futteranbau	Unregelmässige Landflächen mit Gefälle weniger als 2 %	Über 30 l/s	Mittelschwere und schwere Böden, jedoch ohne Rissbildung beim Austrocknen	Geringe Erdbewegung für das Nivellieren erforderlich, geeignet für Dauereinstau (Reis) und intermittierenden Einstau (Futter)
	Terrassenbau	Getreide, Feld- und Futteranbau, Obst, Wein	Für Geländeneigung bis zu 20 %	Kleine Zuflussmengen	Boden muss so tiefgründig sein, dass Nivellieren der Terrassen möglich ist	Oberflächendrainage erforderlich. Zuviel Wasser führt zu gefährlicher Erosion
	Furchenbewässerung in Becken	Gemüse, Mais, Baumwolle u. a., Reihenanbau	Relativ flaches Land	Bis zu 150 l/s	Fast alle Bodentypen	Ähnlich den kleinen Becken

Tabelle 4 Oberflächenbewässerungsmethoden und die Bedingungen für ihre Anwendung (Fortsetzung)

Methode	Eignung und Bedingungen der Anwendung				Bemerkungen
	Fruchtart	Topographie	Wasserzufluss	Boden	
Rieselbewässerung in schmalen Streifen, bis 5 m Breite	Weideland, Getreide, Luzerne, Obst, Wein	Gleichmässige Geländeneigung weniger als 7 %	mittlere Grösse des Wasserzuflusses	Mittelschwere bis schwere Böden	Die Streifen müssen in Richtung des grössten Gefälles liegen, genaues Nivellieren quer zur Fliessrichtung erforderlich
Breite Streifen bis 30 m	Getreide, Luzerne, Obst	Das Land muss auf ein einheitliches Gefälle von weniger als 5 % gebracht werden	Hoher Zufluss bis zu 600 l/s	Tiefgründige Böden, mittlere bis feine Struktur	Sehr sorgfältige Vorbereitung des Gefälles erforderlich. Wenig Arbeit für die Bewässerung. Gut für Maschineneinsatz
Wilde Rieselung	Weideland, Getreide	Unregelmässiges Gelände mit Gefälle bis zu 20 %	Kleiner Zufluss bei starker Geländeneigung	Mittlere bis feine, aber stabile Struktur, ohne Rissbildung	Wenig Erdbewegung erforderlich. Niedrige Anlagekosten. Für flachgründige Böden geeignet. Hohe Versickerungsverluste möglich
Gerade Furchen	Gemüse, Reihen-anbau, Obst, Wein	Gleichmässige Geländeneigung bis 2 %	Bis 130 l/s	Alle Böden, wenn die Länge der Furchen dem Bodentyp entspricht	Gut geeignet für Fruchtarten, die Überfluten nicht vertragen. Guter Wirkungsgrad möglich. Gut für Mechanisierung
Furchen mit Gefälle entlang den Höhenlinien	Gemüse, Feldfrüchte, Obst, Wein	Hügeliges Land bis 8 % Gefälle	Bis 100 l/s	Mittlere bis feine Struktur, ohne Rissbildung	Hoher Arbeitsaufwand für die Bewässerung. Kontrolle der Grab- und Wühltiere erforderlich. Erosionsgefahr, Wasser kann die Furchen durchbrechen
Rillenbewässerung	Dicht gesäte Feldfrüchte, Getreide, Weide, Luzerne	Gleichmässige Geländeneigung bis zu 10 %	Bis zu 30 l/s	Am besten geeignet für Böden von mittlerer und feiner Struktur	Hohe Wasserverluste möglich durch Versickerung und Überlaufen. Genaue Dosierung der Zuflussmenge zur Reduzierung der Erosion. Geringe Erdbewegung erforderlich beim Bau
Zickzackfurchen	Obst, Buschobst, Wein	Das Land muss auf ein einheitliches Gefälle von weniger als 1 % gebracht werden	Weniger als für gerade Furchen	Böden mit geringer Infiltrationsrate	Angewendet, wenn die Fliessgeschwindigkeit in den Furchen klein gehalten werden muss wegen langsamer Infiltration

Nach: Booher, Surface Irrigation, FAO, Rome, 1974



Abb. 4 Stauverfahren, Terrassenbau, «Puddling» eines Reisfeldes. FAO Photo by F. Botts

beweglichen Rohrleitung, die an Stelle des Zulaufgrabens ausgelegt wird und die mit regulierbaren Öffnungen versehen ist, jeweils eine Öffnung für eine Furche (gated pipes). Beide Systeme ermöglichen eine Reduzierung oder Halbierung der Zulaufwassermenge, wodurch nach dem Beginn mit voller Menge Wasser gespart und dessen Verteilung verbessert werden kann. Die beweglichen Rohrleitungen haben zudem den Vorteil, dass man sie zur Erleichterung der mechanisierten Feldarbeit entfernen kann.

Aus demselben Grunde wird oft auch der Zulaufgraben durch eine unterirdische Rohrleitung aus Betonfertigteilen ersetzt. Standrohre mit einfachen Verschlüssen ermöglichen den regulierbaren Wasserzufluss zum Feld. Dieses System, bekannt unter dem Begriff Alfalfa-Valve, wird gern für Rieselflächen verwendet.

Die Oberflächenbewässerungssysteme verführen zur Überbewässerung. Es wird oft versucht, Mängel in der Gleichförmigkeit der Wasserverteilung durch ein Mehr an Wasser auszugleichen; weiter verführt ein starres System der Wasserverteilung nach Zeit und Menge dazu, alles verfügbare Wasser auf das Feld zu leiten, ob es nun gebraucht wird oder nicht, ausserdem fließt das Wasser ja von selbst: eine grössere Wassermenge auf das Feld zu bringen, erfordert somit keine zusätzliche Arbeit für den Bauern. Die Verteilssysteme sollten daher mit den notwendigen Kontrollvorrichtungen versehen werden, die eine genaue Dosierung der Wassermenge auch in den

Zuleitern ermöglichen. Hierzu gehören auch Überlaufvorrichtungen, die Überschusswasser im Verteilungssystem schadlos abführen können. Unter welchen Voraussetzungen automatische Kontrollsysteme oder die Bewässerung nach Bedarf eingeführt werden können, ist jedoch noch strittig.

In den traditionellen Systemen liegen die Wasserspiegel der Verteilkanäle unter Feldniveau; damit wird eine seitliche Aussickerung und als deren Folge Staunässe längs der Kanäle vermieden. Das Wasser musste in diesen Fällen in Hand- und Gespannarbeit auf die Felder gehoben werden, was eine Verschwendung weitgehend ausschloss. Bei der nun häufiger werdenden Verwendung von Motorpumpen steigt die Gefahr der Verschwendung mit ihren Folgen trotz erhöhter Anschaffungs- und Betriebskosten wieder an.

Es muss noch erwähnt werden, dass auch für den kontrollierten Abfluss des Überschusswassers vom Feld gesorgt werden muss. Das entsprechende Drainagesystem muss zusammen mit dem Bewässerungssystem erstellt werden.

6. Einige besondere Probleme der Oberflächenbewässerung

In Zusammenhang mit der Ausdehnung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion werfen die traditionellen Bewässerungsverfahren einige Probleme

auf, von denen zwei herausgegriffen werden, weil sie von besonderer Bedeutung für die Bewässerung in Entwicklungsländern sind:

a) Reisbewässerung

Die Einführung der Minereraldüngung und der Hohertragssorten bedingt eine Ausdehnung der Bewässerung auch in Gebieten, die bisher dem Monsun-Reis überlassen waren: der Bauer kann das Risiko, seine Bargeldauslagen für Dünger und Saatgut durch Schwankungen des Monsunniederschlags zu verlieren, nicht tragen. Andererseits kann er durch die höheren Erträge und zwei Ernten pro Jahr für die Kosten der Bewässerung aufkommen. Die Einführung der intensiven Reisproduktion bedingt aber für die Bewässerung:

- gesicherte Wasserversorgung auch ausserhalb der Monsunzeit (zwei Ernten),
- genaue Kontrolle und niedrige Lage des Wasserspiegels im Feld (Kurzstrohsorten), also auch genauere Nivellierung der Bodenoberfläche in Becken,
- einzeln regulierbaren Zufluss und Abfluss für jedes einzelne Feld (wegen der festgelegten Vegetationszeit der Hohertragssorten) im Gegensatz zu der bisherigen Reisbewässerung, bei der das Wasser von Feld zu Feld fliesst und an nur einer Stelle regulierbar ist,
- grössere Dimensionierung der Verteil- und Drainagenetze.

Die letzte Forderung ist bedingt durch die inzwischen im asiatischen Reisbau weit verbreitete Methode des Trockenlegens der Felder in der Mitte der Vegetationsperiode (mid-season drying), wodurch eine Belüftung des Bodens und bessere Ausnutzung der Düngung erreicht werden soll. Diese Methode erfordert eine schnelle Drainung und Wiederauffüllung einer grossen Anzahl von Feldern zur gleichen Zeit.

Auch für bestehende Anlagen der traditionellen Bewässerung müssen entsprechende Massnahmen der Verbesserung der Bewässerung getroffen werden.

b) Staunässe und Versalzung

Unvermeidbare Wasserverluste bei der Oberflächenbewässerung, eine gegebene Tendenz zur Überbewässerung, Wasserverluste in den Zuleitern und Kanälen und unkontrolliert versickerndes Überschusswasser in den Verteilsystemen führten in vielen Fällen zu einem raschen Ansteigen des Grundwasserspiegels in Bewässerungsgebieten, gefolgt von Staunässe und Versalzung auf den Feldern. (Derselbe Effekt kann natürlich auch durch Zufluss von Fremdwasser von ausserhalb des Bewässerungssystems hervorgerufen werden.)

Diese Gefahr wird durch den grösseren Bewässerungswasserbedarf als Folge der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion vergrössert. Man begegnet ihr durch bessere Kontrolle des Wasserzuflusses zum Feld und der Wasserverteilung dortselbst, ferner durch Auskleiden der Kanäle und Zuleitungsgräben und die Kontrolle des Überschusswassers im Verteilsystem.

Zur Verringerung des schädlichen Einflusses einer bereits eingetretenen Staunässe und Versalzung, aber auch als vorbeugende Massnahme müssen Bewässerungsfelder mit einer ausreichenden Entwässerung versehen werden. Eine regelmässige Kontrolle der Veränderungen des Grundwasserspiegels ist unerlässlich.

7. Zusammenfassung

Den Verfahren der Oberflächenbewässerung wird auch in Zukunft eine bedeutende Rolle in den Entwicklungsländern vorausgesagt. Voraussetzung hierfür ist jedoch, diese Verfahren betriebs- und arbeitswirtschaftlich aber auch technisch den Erfordernissen der Ausdehnung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion anzupassen. Dies bezieht sich in besonderem Masse auf die richtige Wahl des Verfahrens, seine richtige Dimensionierung und Massnahmen zur verbesserten Wasserkontrolle und Vermeidung von Staunässe und Versalzung.

Literatur

FAO/UNESCO, Irrigation, Drainage and Salinity. An International Source Book, Hutchinson and Co. Ltd., London 1973.

Adresse des Verfassers:

Dr. H. M. Horning, Division on land and water use.
FAO. Terme di Caracalla, Rom

Moderne Verfahren der Feldberechnung*

S. Rosegger und F.-P. Sörgel

1. Einleitung

Die Entwicklung in der Feldberechnung ist gekennzeichnet durch eine stetige Weiterentwicklung und Teilautomatisierung einzelner Berechnungsverfahren. Der trok-

kene Witterungsverlauf der letzten sechs Jahre hat gezeigt, dass die Feldberechnung auf Standorten mit ungenügender natürlicher Wasserversorgung als ertrags- und existenzsicherndes Betriebsmittel unentbehrlich ist.

Die Entwicklung von neuen teilautomatisierten Berechnungsverfahren, insbesondere im mitteleuropäischen Raum, führt zu einer weitgehenden Rationalisierung der Berechnungsarbeit.

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit den wichtigsten Berechnungsverfahren, deren technischer Ausstattung, Leistung und arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen nach neueren wissenschaftlichen Ergebnissen.

2. Systeme und Verfahren der Feldberechnung

Ein Berechnungssystem umfasst alle erforderlichen Anlagenteile für den Betrieb einer Berechnungsanlage, die

* «Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik (Direktor: Prof. Dr. S. Rosegger) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, Bundesallee 50, 3300 Braunschweig.»